

## 京都タワー付近における大気汚染の観測とその解析

三 村 泰 一 郎

Observations and analyses of air pollution in the Kyoto tower  
and its neighbourhood

TAIICHIRO MIMURA

大気汚染の観測において、或1地点での観測濃度がその付近一帯の濃度の代表値とみなし得るかということと、観測高度における濃度と地上付近における濃度との間にどのような関係があるかということとを解明するために、京都タワー付近で各季節について、浮遊ばいじん濃度の水平並びに垂直分布の観測を行ない、解析してみることにした。その結果、観測値の代表性については季節により多少異なるが、一般には有るものと考えられ、又、垂直分布については、季節により、上空程濃度が薄くなる場合と、かなりの高度まで地上付近と同じ程度の汚染状態にある場合とがあることが判った。

### I 緒 言

近年、重大な公害問題の一つとしてクローズアップされている大気汚染の監視のため、各地に観測ステーションが設置され、浮遊ばいじん濃度或いは亜硫酸ガス濃度の観測記録が継続的に行なわれているが、或特定の場所において観測されたこれらの値が、その場所のごく近傍の濃度を表わすだけではなく、広くその付近一帯の濃度をも代表しているとみなし得るか否かを検討するために、京都タワー付近における3地点について浮遊ばいじん濃度を各季節毎に観測し、3地点におけるその日変化の状態並びに日平均値の比較を行なった。

ところで、各地の観測場所は大体地上10m或いはそれ以上の高度にあり、そこで観測される濃度に比べると、我々が普通に生活している地上付近での濃度は当然いくらか高いことが予想される。言い換えれば、たとえ観測された濃度が薄くても地上付近においては、場合によっては、それよりもかなり濃い汚染状態にあることも考えられる。このことは、京都タワーのように地上100m近い高所での観測結果について特に注意しなければならない。そこで、観測高度での濃度と地上付近の濃度の間にもし何らかの関係が存在するとすれば、観測値に或係数をかけることにより、観測濃度から地上付近の濃度を或程度推定することも可能ではないだろうかと考え、そのための基礎資料を得るために、今回は京都市南区にある

南消防署において、地上1.5m、10.6m及び20.1mの3高度について浮遊ばいじん濃度の観測を行なった。その結果、10.6mと20.1mでは殆んど同じ濃度で、1.5mにおける濃度はこれにくらべて、日平均値において約1.2~1.3倍高いという事が明らかとなった。

そこで今回は、更に高い所までの実態を調べるために、京都タワーにおいて地上100m位までの4高度について、浮遊ばいじん濃度の垂直分布状態を観測し、京都市衛生局公害課により継続的に観測が行なわれている100m付近での濃度と他の3高度の濃度とを比較した。垂直分布状態は気象条件の影響を受け、季節により異なることが予想されるので、四季について観測を行ない、季節による違いも比較してみることにした。

尚、亜硫酸ガスについては浮遊ばいじんとは異なる結果になることも考えられるのであるが、測定器の関係で今回は浮遊ばいじんのみについて観測を行なった。

### II 観測方法並びに結果

#### (1) 観測値の代表性について

京都タワービル屋上（以下タワービルと略称、地上32.3m）を中心として、その西方約160mにある関西電力京都支店屋上（以下関電ビルと略称、地上31.7m）及び東方約150mにあるホテル佐野屋屋上（以下佐野屋と略称、地上28.6m）の3カ所にテープエアーサンプラーを設置し、各季節を代表する月として、1968年7月、10

月, 1969年1月および4月の4ヵ月について, 各月約1週間宛観測を行ない, タワービルにおける浮遊ばいじん濃度及びその日変化を他の2ヵ所でのものと比較した。

又, 参考のために, タワービルから比較的離れた2地点, 即ち, タワービルの北北東約2.8kmにある京都市役所屋上(地上22.3m)及び南西約1.9kmにある南消防署屋上(地上10.6m)での観測結果も用いた。これら2ヵ所のうち, 市役所屋上での濃度は, 京都市衛生局公害課が透過法によって観測しているテープろ紙を借用して, 反射法により測定したものである。

第1図は夏の観測結果で, 1968年7月21日から27日までの期間の平均日変化及びその平均値を表わしている。尚, 浮遊ばいじん濃度は反射法によって求めた濃度指数で表わしてある。

この図から関電ビル及び佐野屋での平均日変化及び濃度平均値は, 佐野屋のものが平均日変化において他と多少違っている時刻もあるが, 概してタワービルでのものと同じであるとみなしても差支えないようである。

高度が1mとか2mのように, ごく地面に近い所での濃度は種々の障害物のため, 或場所では滞留して高くなり, 又, 或場所では風の影響を受けて薄くなるなど, 局地性があるものと考えられるが, この場合のように高度が地上30m位になると, その付近一帯が大体様な濃度になっており, 従って或1ヵ所での観測値がその付近の濃度を代表しているとみなしてもよいようである。同じ期間の南消防署での結果についてみると, タワービル付近と大体似ており大差はない。しかし, 市役所での結果についてみると, 日変化の形は似ているが, 濃度はかなり低く相当のひらきが見られ, タワービルでの観測値の代表性はこの付近までは及んでいないことが判る。

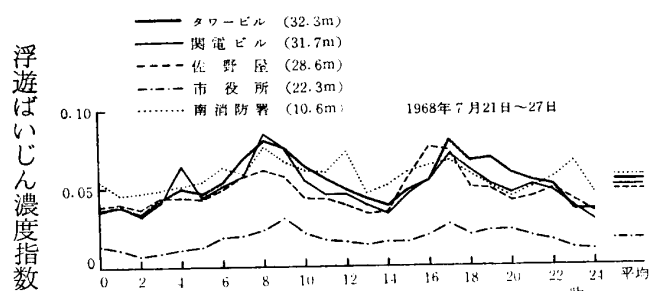
次に第2図は秋の観測結果で, 1968年10月26日から30日までの期間のものである。

これを夏にくらべると, 日変化がかなり顕著に現われその振幅が大きくなっているが, タワービルについては, 平均値において夏と殆んど変わらず, むしろ幾分小さくなっている。しかし, 関電ビル, 佐野屋については夏より平均値がかなり高く, タワービルでのものと一致しない。従ってこの観測結果からは, タワービルでの観測値は必ずしもその付近の濃度を代表しているとは言えないようである。しかし, 関電ビルと佐野屋での日変化が一部の時刻を除きかなり良く一致している所から, タワービルに置いたサンプラーが何らかの原因のため不調であったとも考えられ, 秋の結果については, その代表性に関して結論は下せない。

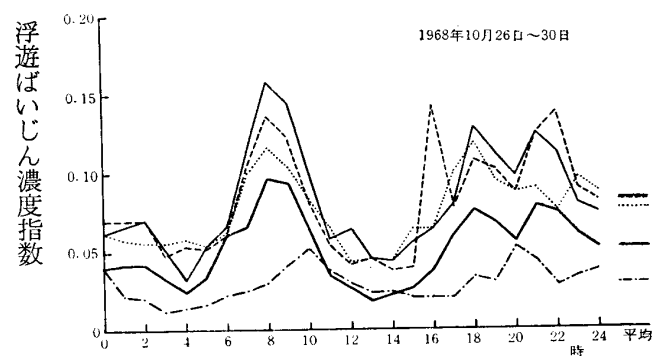
尚, 佐野屋の16時が特に高くなっているのは, 或特定

の日にごく近くの煙突からの直接の影響と思われる大きいピークがあったためである。又, 南消防署での濃度は関電ビル, 佐野屋とはほぼ同様であるが, 市役所については, 他の場所とくらべ, 濃度もピークの位置もかなり異なっており, 夏と同様タワービル付近における観測値の代表性はここまでは及んでいないことが判る。

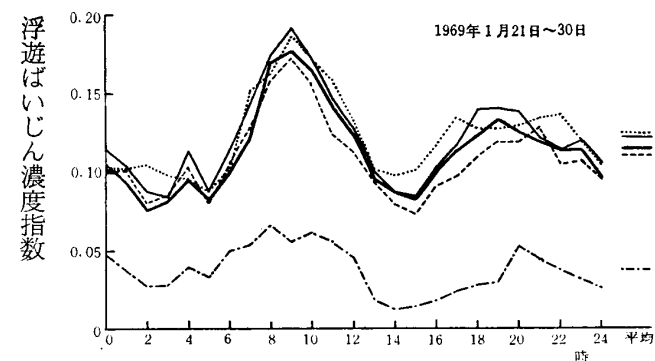
第3図は冬の観測結果で, 1969年1月21日から30日ま



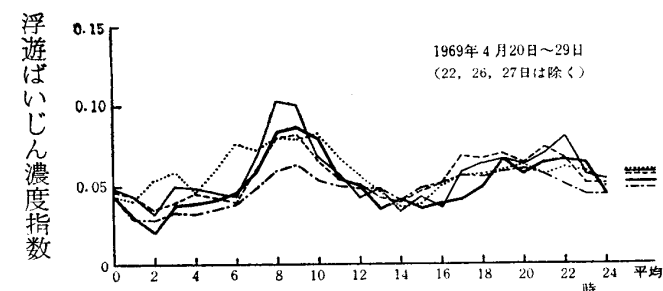
第 1 図



第 2 図



第 3 図



第 4 図

での平均日変化である。

この場合は濃度平均値は秋とくらべ更に高くなっているが、タワービル付近3カ所での日変化はかなりよく一致しており、タワービルでの観測値がその付近の濃度の代表値であると考えられる。市役所については、この場合もやはり夏、秋と同じ傾向である。

第4図は春の観測結果で、1969年4月20日から29日まで(22日、26日、27日は欠測のため除く)の平均日変化である。この図を第3図の冬の場合とくらべると、濃度は市役所を除き全体的に約1/2に減じており、日変化もさ

ほど顕著でなく、日変化においても平均値においても第1図の夏の場合とほぼ同じで、この場合もタワービルでの観測値が代表性をもつといえる。ただ、この場合は市役所での濃度が他の季節と違って、タワービル付近と殆んど同じで、相当広い範囲にわたり同じ程度の汚染状態にあるものと思われる。

第1表 1968年7月21日～27日

	タワービル	関電ビル	佐野屋	市役所	南消防署
$a_0$	0.054	0.050 (-0.004)	0.048 (-0.006)	0.017 (-0.037)	0.057 (0.003)
$A_1$	0.005	0.006 (1.200)	0.005 (1.000)	0.004 (0.800)	0.006 (1.200)
$\varepsilon_1$	259°55'	294°30' (34°35')	233°20' (-26°35')	243°25' (-16°30')	285°35' (25°40')
$A_2$	0.015	0.012 (0.800)	0.009 (0.600)	0.006 (0.400)	0.004 (0.267)
$\varepsilon_2$	230°50'	237°20' (6°30')	268°25' (37°35')	219°10' (-11°40')	200°20' (-30°30')
$A_3$	0.006	0.006 (1.000)	0.009 (1.500)	0.002 (0.333)	0.005 (0.833)
$\varepsilon_3$	30°15'	47°0' (16°45')	78°15' (48°0')	57°17' (27°2')	98°45' (68°30')

第2表 1968年10月26日～30日

	タワービル	関電ビル	佐野屋	市役所	南消防署
$a_0$	0.051	0.083 (0.032)	0.082 (0.031)	0.029 (-0.022)	0.075 (0.024)
$A_1$	0.004	0.004 (1.000)	0.012 (3.000)	0.004 (1.000)	0.001 (0.250)
$\varepsilon_1$	90°35'	178°15' (87°40')	141°10' (50°35')	201°25' (110°50')	76°15' (-14°20')
$A_2$	0.027	0.040 (1.481)	0.031 (1.148)	0.013 (0.481)	0.025 (0.926)
$\varepsilon_2$	205°35'	201°45' (-3°50')	206°50' (1°15')	164°10' (-41°25')	216°0' (10°25')
$A_3$	0.012	0.016 (1.333)	0.019 (1.583)	0.003 (0.250)	0.014 (1.167)
$\varepsilon_3$	64°50'	56°40' (-8°10')	80°30' (15°40')	348°5' (283°15')	53°45' (-11°5')

第3表 1969年1月21日～30日

	タワービル	関電ビル	佐野屋	市役所	南消防署
$a_0$	0.114	0.122 (0.008)	0.110 (-0.004)	0.038 (-0.076)	0.125 (0.011)
$A_1$	0.015	0.014 (0.933)	0.013 (0.867)	0.011 (0.733)	0.015 (1.000)
$\varepsilon_1$	282°0'	295°45' (13°45')	312°5' (30°5')	357°5' (75°5')	279°30' (-2°30')
$A_2$	0.032	0.033 (1.031)	0.030 (0.938)	0.025 (0.781)	0.029 (0.906)
$\varepsilon_2$	183°45'	189°0' (5°15')	184°25' (0°40')	180°5' (-3°40')	181°40' (-2°5')
$A_3$	0.014	0.016 (1.143)	0.011 (0.786)	0.004 (0.286)	0.001 (0.071)
$\varepsilon_3$	22°50'	20°30' (-2°20')	23°20' (0°30')	359°35' (336°45')	28°40' (5°50')

1969年4月20日～29日

第4表 (22, 26, 27日除く)

	タワービル	関電ビル	佐野屋	市役所	南消防署
$a_0$	0.051	0.058 (0.007)	0.056 (0.005)	0.048 (-0.003)	0.059 (0.008)
$A_1$	0.005	0.003 (0.600)	0.005 (1.000)	0.009 (1.800)	0.009 (1.800)
$\varepsilon_1$	264°35'	327°25' (62°50')	214°50' (-49°45')	219°55' (-44°40')	334°15' (69°40')
$A_2$	0.022	0.021 (0.955)	0.016 (0.727)	0.011 (0.500)	0.014 (0.636)
$\varepsilon_2$	186°5'	194°25' (8°20')	201°15' (15°10')	199°0' (12°55')	202°25' (16°20')
$A_3$	0.003	0.005 (1.667)	0.003 (1.000)	0.002 (0.667)	0.003 (1.000)
$\varepsilon_3$	76°20'	53°15' (-23°5')	94°25' (18°5')	48°0' (-28°20')	7°10' (-69°10')

$$Y = a_0 + A_1 \sin(\sigma t + \varepsilon_1) + A_2 \sin(2\sigma t + \varepsilon_2) + A_3 \sin(3\sigma t + \varepsilon_3)$$

$$\sigma = \frac{2\pi}{T}, T = 24\text{hr}, 0\text{時を } t=0 \text{ とする.}$$

第1図～第4図の結果を更に詳しく量的に比較するために調解析によって計算した結果を参考までに第1表～第4表に示す。表中、( ) 内の数値は  $a_0$ ,  $\varepsilon_1$ ,  $\varepsilon_2$ ,  $\varepsilon_3$  についてはタワービルにおけるそれらとの差,  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  についてはタワービルにおけるそれらとの比をそれぞれ示す。

以上の結果から、タワービル付近での1地点で観測した浮遊ばいじん濃度は、秋を除いて、その付近における濃度を代表しているとみなせることが判った。

## (2) 浮遊ばいじん濃度の垂直分布について

テープエアースンプラーをタワービルの地上2.0m, 32.3m, 45.0m及びタワービルの屋上にある京都タワーの地上97.4mの4高度に設置し、1968年7月から1969年4月にかけて各季節について、浮遊ばいじん濃度の垂直分布の観測を行なった。ただし、97.4mについては、京都市衛生局公害課が透過法によって継続的に観測しているので、そのテープ紙を借用して反射法によって測定した。他の3高度についても濃度は上述の(1)の場合と同じくすべて反射法により求めた濃度指数である。

第5図は夏の観測結果で、1968年7月21日から27日までの平均日変化である。深夜から早朝にかけては各高度共殆んど濃度差はないが、昼間は高度が高くなると共に濃度が減少しており、予期される結果であるが、これは上空に行くに従って、拡散によって濃度が減少するためと思われる。しかし、その差はそれ程著しいものではない。

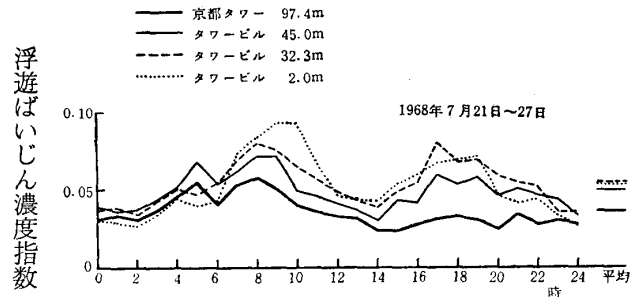
図の右端の線は各高度での平均日変化に対する平均値を表わしているが、この平均値について、97.4mでの値に対して、それより低い他の3高度での値がそれぞれ何倍になっているかをみるために、両者の比をとったものを第5表に示す。即ちこれらの値は、高度97.4mにおける観測濃度から他の高度での濃度を推定する際の係数の目安を与えるものである。第5表の( ) の中は平均

第5表

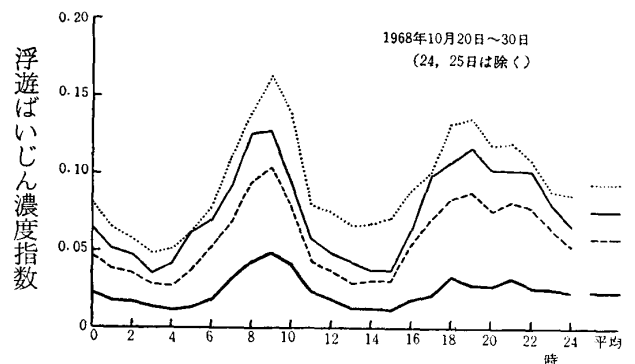
	タワービル 45.0m	タワービル 32.3m	タワービル 2.0m
1968年 7月	1.36 (1.09~1.92)	1.50 (0.87~2.58)	1.47 (0.74~2.37)
1968年 10月	3.17 (2.29~4.50)	2.42 (1.79~3.23)	3.92 (3.23~6.00)
1969年 1月	1.26 (1.07~1.70)	1.24 (1.04~1.76)	1.12 (0.87~1.59)
1969年 4月	0.83 (0.64~1.13)	0.87 (0.60~1.19)	1.09 (0.62~1.79)

日変化における各時刻毎にこの比をとったときの比の変動範囲を表わしている。

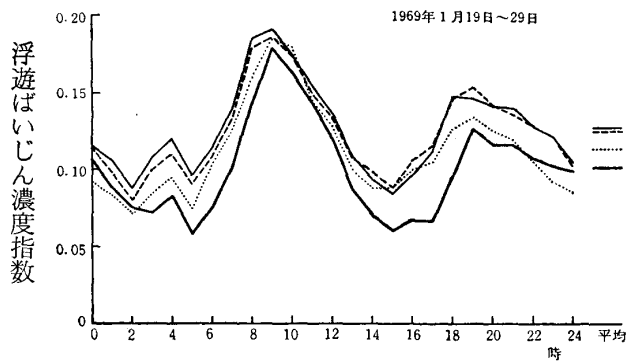
第6図は秋の結果で、1968年10月20日から30日まで(24日、25日は欠測のため除く)の平均日変化で、この場合は、高度による差が非常に明瞭に現われており、地上2.0mが最も濃く、97.4mが最も薄くなっている。こ



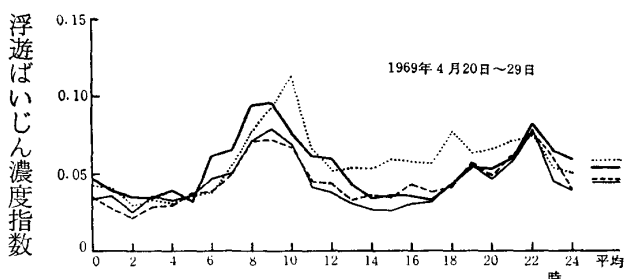
第5図



第6図



第7図



第8図

れを夏の場合とくらべると、夏には4高度の濃度が比較的接近していたが、秋になるとかなりの濃度差で分かれ、45m以下においては何れも夏より高くなっており、97.4mについては逆に低くなっている。即ち上空にいくにつれて急激に濃度が減少していることが判る。

第5表の濃度比を見ても、1年のうちで最も大きくなっているが、このことが秋の季節の特徴を表わすものなのか、或いは偶然この期間に現われた現象なのかは、これだけの資料からは判定出来ない。尚、32.3mと45.0mでの濃度をくらべると、前者の方が低くなっているが、第2図の所で述べたように、高度32.3mに設置したサンプラーが何らかの原因のため不調であったとすれば実際には45.0mにおける濃度より高いということも考えられる。

第7図は冬の観測結果で、1969年1月19日から29日までの平均日変化である。

この場合は秋にくらべて更に濃度が高くなり、特に、97.4mでの濃度は平均値において秋の4倍余りとなり、高度による濃度差があまり小さくなく、又、はっきりとした系統性もなく、かなり高い所まで地上付近とあまり変わらない汚染状態にあることを示している。このことは第5表の比を見ても夏より小さくなっていることに表われている。これは暖房に伴う排出汚染物の増加と、冬の気象条件、中でも気温の逆転の影響を受けているためではないかと思われる。

第8図は春の観測結果で、1969年4月20日から29日までの平均日変化である。平均値は冬の約半分になり、夏の場合と同程度になっているが、97.4mでの値が他の高度とあまり変わらないか、少し高い位となり、冬と同様に、相当な高度まで同じ汚染状態にある点が夏と異なっている。この場合も高度による濃度にはあまり系統性がない。

第5図～第8図に示した平均日変化を調和解析した結果を参考のために第6表～第9表に示す。

以上の結果から、浮遊ばいじん濃度の垂直分布状態は季節によりかなり異なっており、夏と秋においては高度が高くなると濃度が減少しているが、冬と春については高度100m位までの範囲内においては、必ずしも上空の方が地上付近より濃度が薄いとは言えないということが判る。

従って、或高度での観測濃度にいつも同じ係数をかければ地上付近の濃度が推定出来るとはいえず、季節により係数を変えなければならない。

本研究に対し、観測場所の提供など種々便宜をはかっ

て頂いた京都産業観光センター、関西電力京都営業所、関西電力京都支店、ホテル佐野屋並びに南消防署の関係者各位、観測実施に際し、種々お世話になり、又、資料の提供をして頂いた京都市衛生局公害課の方々、測器の借用に対して便宜をはかって頂いた京都市衛生研究所の佐々木氏並びに終始御指導頂いた本学東修三教授に深く感謝申し上げます。

(1970年7月28日受理)

第6表

1968年7月21日～27日

	京都タワー 97.4m	タワービル 45.0m	タワービル 32.3m	タワービル 2.0m
$a_0$	0.036	0.049 (0.013)	0.054 (0.018)	0.053 (0.017)
$A_1$	0.011	0.006 (0.545)	0.005 (0.455)	0.017 (1.545)
$\varepsilon_1$	351°30'	339°25' (-12°5')	259°55' (-91°35')	273°25' (-78°5')
$A_2$	0.006	0.012 (2.000)	0.015 (2.500)	0.017 (2.833)
$\varepsilon_2$	234°15'	234°45' (0°30')	230°50' (-3°25')	216°10' (-18°5')
$A_3$	0.001	0.002 (2.000)	0.006 (6.000)	0.011 (11.000)
$\varepsilon_3$	59°5'	47°50' (-11°15')	30°15' (-28°50')	33°10' (-25°55')

1968年10月20日～30日

第7表

(24, 25日除く)

	京都タワー 97.4m	タワービル 45.0m	タワービル 32.3m	タワービル 2.0m
$a_0$	0.024	0.076 (0.052)	0.058 (0.034)	0.094 (0.070)
$A_1$	0.002	0.007 (3.500)	0.006 (3.000)	0.013 (6.500)
$\varepsilon_1$	295°30'	170°55' (-124°35')	181°35' (-113°55')	222°35' (-72°55')
$A_2$	0.012	0.038 (3.167)	0.029 (2.417)	0.038 (3.167)
$\varepsilon_2$	190°45'	207°35' (16°50')	204°0' (13°15')	200°5' (9°20')
$A_3$	0.006	0.012 (2.000)	0.011 (1.833)	0.015 (2.500)
$\varepsilon_3$	44°15'	50°40' (6°25')	51°15' (7°0')	44°10' (-0°5')

第8表

1969年1月19日～29日

	京都タワー 97.4m	タワービル 45.0m	タワービル 32.3m	タワービル 2.0m
$a_0$	0.101	0.127 (0.026)	0.125 (0.024)	0.113 (0.012)
$A_1$	0.013	0.013 (1.000)	0.013 (1.000)	0.022 (1.692)
$\varepsilon_1$	301°5'	302°15' (1°10')	276°30' (-24°35')	280°35' (-20°30')
$A_2$	0.039	0.034 (0.872)	0.033 (0.846)	0.032 (0.821)
$\varepsilon_2$	165°30'	186°10' (20°40')	187°0' (21°30')	186°25' (20°55')
$A_3$	0.016	0.013 (0.813)	0.013 (0.813)	0.015 (0.938)
$\varepsilon_3$	358°5'	359°30' (1°25')	6°40' (-351°25')	6°0' (-352°5')

第9表

1969年4月20日～29日

	京都タワー 97.4m	タワービル 45.0m	タワービル 32.3m	タワービル 2.0m
$a_0$	0.053	0.044 (-0.009)	0.046 (-0.007)	0.058 (0.005)
$A_1$	0.009	0.0003 (0.033)	0.003 (0.333)	0.013 (1.444)
$\varepsilon_1$	236°10'	265°10' (29°0')	242°0' (5°50')	241°25' (5°15')
$A_2$	0.023	0.019 (0.826)	0.019 (0.826)	0.019 (0.826)
$\varepsilon_2$	264°45'	186°35' (-78°10')	182°55' (-81°50')	179°30' (-85°15')
$A_3$	0.033	0.002 (0.061)	0.006 (0.182)	0.007 (0.212)
$\varepsilon_3$	9°10'	71°35' (62°25')	232°45' (223°35')	37°25' (28°15')

## 文 献

- 1) 三村泰一郎 大阪管区気象研究会誌 14 (1968)